

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Übersetzung der
europäischen Patentschrift

87 EP 0 464 764 B1

10 DE 691 25 974 T 2

51 Int. Cl.⁶:
G 05 B 19/40
G 02 B 7/02
G 03 B 13/18

21 Deutsches Aktenzeichen: 691 25 974.7
86 Europäisches Aktenzeichen: 91 110 936.1
86 Europäischer Anmeldetag: 2. 7. 91
87 Erstveröffentlichung durch das EPA: 8. 1. 92
87 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 7. 5. 97
47 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 13. 11. 97

DE 691 25 974 T 2

30 Unionspriorität:

| | | |
|-----------|----------|----|
| 175544/90 | 03.07.90 | JP |
| 175545/90 | 03.07.90 | JP |
| 175546/90 | 03.07.90 | JP |
| 271959/90 | 09.10.90 | JP |
| 271960/90 | 09.10.90 | JP |
| 271962/90 | 09.10.90 | JP |
| 313694/90 | 19.11.90 | JP |
| 324532/90 | 27.11.90 | JP |
| 324534/90 | 27.11.90 | JP |

73 Patentinhaber:

Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

84 Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

72 Erfinder:

Saito, Shuichiro, Canon Kabushiki Kaisha, Ohta-ku,
Tokyo, JP; Nagano, Masatoshi, Canon Kabushiki
Kaisha, Ohta-ku, Tokyo, JP

54 Antriebsvorrichtung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 691 25 974 T 2

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Antriebsvorrichtung zum Antreiben eines Gegenstands und bezieht sich insbesondere auf eine Antriebsvorrichtung zum Antreiben eines bewegbaren Gegenstands, der beispielsweise in einer Präzisionsmaschine oder einer Bildvorrichtung aufgenommen ist.

Ein herkömmliches Beispiel wird nachfolgend unter Bezug auf eine Linsenantriebsvorrichtung beschrieben, die in einem photographischen Apparat, z.B. eine Videokamera, eingebaut ist, die ein Beispiel einer Präzisionsmaschine oder einer Bildvorrichtung ist.

Fig. 2 ist eine schematisierte Explosionsperspektivdarstellung eines herkömmlichen Zoomlinzenmechanismus, der in einer Videokamera oder dergleichen eingebaut ist. Gemäß Fig. 2 trägt eine Linsentrommel 1 eine Linse und eine Stützplatte 1a und ein Arm 1e stehen in entgegengesetzten Richtungen horizontal aus der Außenumfangsfläche der Linsentrommel 1 vor. Vorsprünge 1a und 1c stehen an vorderen und hinteren Endabschnitten von einer Seite der Stützplatte 1h vor und Löcher 1b und 1d sind so ausgebildet, daß sie sich durch die jeweiligen Vorsprünge 1a und 1c in einer Richtung parallel zur optischen Achse der Linse erstrecken. Eine Führungsschiene 2, die an einem Halteelement (nicht dargestellt) befestigt ist, ist verschiebbar durch die Löcher 1b und 1d eingeführt. Ein Mitnehmerstift 1g erstreckt sich vertikal abwärts von der Unterseite jenes Abschnitts der Stützplatte 1h, der dem Vorsprung 1a nahe ist. Der Mitnehmerstift 1g ist ausgelegt, verschiebbar in einen Nockenschlitz einführbar zu sein, der in einer Nockenplatte ausgebildet ist, die später beschrieben wird.

Eine seitliche Nut 1f, die einen U-förmigen Querschnitt hat, ist in dem äußeren Endabschnitt des Arms 1e der Linsentrommel 1 ausgebildet und eine Führungsschiene 3, die an einem Stützelement (nicht dargestellt) befestigt ist, ist verschiebbar in die

Nut 1f eingefügt. Folglich ist die Linsentrommel 1 von den Führungsschienen 2 und 3 gehalten, so daß sie sich in eine Richtung parallel zur optischen Achse der Linse bewegen kann.

Die Nockenplatte 4, die horizontal unterhalb der Linsentrommel 1 angeordnet ist, hat einen Führungsschlitz 4a, der sich in eine Richtung senkrecht zu den Achsen der Führungsschienen 2 und 3 erstreckt, und einen Nockenschlitz 4b, der sich hinsichtlich der Achse des Schlitzes 4a schräg erstreckt. Zwei Führungsstifte 25 und 26, die sich von einem festen Element (nicht gezeigt) erstrecken, sind verschiebbar in den Führungsschlitz 4a eingesetzt und die Nockenplatte 4 ist auf einem festen Element (nicht gezeigt) zur Bewegung parallel zum Schlitz 4a gehalten.

Eine Verzahnung 4c ist längs einem hinteren Endabschnitt der Nockenplatte 4 ausgebildet und ein Zahnrad 5 ist mit der Verzahnung 4c in Eingriff. Das Zahnrad 5 ist mit einem Zahnrad kleinen Durchmessers eines gestuften Zahnrads 6 in Eingriff und ein Zahnrad großen Durchmessers des gestuften Zahnrads 6 ist mit einem Ritzel 7 in Eingriff, das an einer Welle 8a eines Motors 8 befestigt ist.

Ein Schleifkontakt 9 ist an der Unterseite der Nockenplatte 4 befestigt, wobei eine elektrisch leitende Schicht dazwischen angeordnet ist, und der Schleifkontakt 9 hat zwei Arme 9a und 9b. Gebogene Abschnitte 9d und 9e sind an den äußeren Enden der jeweiligen Arme 9a und 9b ausgebildet und die gebogenen Abschnitte 9d und 9e sind jeweils in Kontakt mit einem Leiterabschnitt 10a und einem Widerstandsabschnitt 10b, die auf einer festen Erfassungsplatte 10 ausgebildet sind.

Die feste Erfassungsplatte 10 hat einen Aufbau, in dem der Leiterabschnitt 10a und der Widerstandsabschnitt 10b auf eine elektrisch isolierenden Karte 10c ausgebildet sind. Der Leiterabschnitt 10a ist durch einen Leitungsdraht 10f an eine Stromquelle angeschlossen. Zwei Leitungsdrähte 10d und 10e, die von

den Widerstandsabschnitt 10b abgehen, sind über Ausgangsklemmen mit Eingangsklemmen eines Mikrocomputers verbunden, der später beschrieben wird. Bei einer Positionserfassungseinrichtung, die aus dem Schleifkontakt 9 und der festen Erfassungsplatte 10 besteht, verändert sich der Ausgang, in Abhängigkeit davon, welcher Abschnitt des Widerstandsabschnitts 10b mit dem gebogenen Abschnitt 9e des Arms 9b des Schleifkontakts 9 in Kontakt ist. Mit anderen Worten, eine durch den Leitungsdraht 10f auf den Leiterabschnitt 10a aufgebrachte Spannung wird entsprechend der Position des gebogenen Abschnitts 9e, der mit dem Widerstandsabschnitt 109b in Kontakt ist, geteilt, und die geteilten Spannungsausgänge liegen in den Leitungsdrähten 10d und 10e an. Der Betrieb des herkömmlichen Zoomlinsenmechanismus mit dem oben beschriebenen Aufbau wird nachfolgend beschrieben. Wenn der Motor 8 durch eine Steuereinrichtung (nicht gezeigt) aktiviert wird, werden das Ritzel 7, das Zahnrad 6 und das Zahnrad 5 um ihre Achsen gedreht und die Nockenplatte 4 wird durch die Verzahnung 4c, die mit dem Zahnrad 5 in Eingriff ist, bewegt, während sie durch die Führungsstifte 25 und 26 in einer Richtung senkrecht zur Achse der Führungsschienen 2 und 3 geführt wird. Während dieser Zeit gleiten die Arme 9a und 9b des Schleifkontakts 9 auf dem Leiterabschnitt 10a bzw. dem Widerstandsabschnitt 10b. Während die Nockenplatte 4 parallel zur Achse des Führungsschlitzes 4a bewegt wird, gleitet der Mitnehmerstift 1g in dem Nockenschlitz 4b, so daß über den Mitnehmerstift 1g eine Kraft in einer Richtung parallel zur optischen Achse der Linse auf die Linsentrommel 1 aufgebracht wird. Entsprechend bewegt sich die Linsentrommel 1 parallel zur optischen Achse der Linse, während sie durch die Führungsschienen 2 und 3 geführt ist. Die Position der Linsentrommel 1, die in progressiver Bewegung ist, wird elektrisch durch die Positionserfassungseinrichtung erfaßt, die aus dem Schleifkontakt 9 und der festen Erfassungsplatte 10 besteht. Wenn das Erfassungsergebnis gleich einem vorbestimmten Sollwert ist, wird der Motor durch die Steuereinrichtung (nicht gezeigt) angehalten, so daß die in der Linsentrommel 1 gehaltene Linse automatisch an einem gewünschten Ort positioniert ist.

Der zuvor beschriebene herkömmliche Antriebsmechanismus hat jedoch verschiedene Nachteile. Beispielsweise ist der herkömmliche Antriebsmechanismus sperrig und schwer, weil es erforderlich ist, eine Vielzahl von Teilen zu verwenden, wie z.B. einen Motor, Zahnräder und einen Nockenmechanismus. Entsprechend war es schwierig, die Abmessung und das Gewicht einer Bildvorrichtung mit einem solchen herkömmlichen Antriebsmechanismus zu verringern und es ist unmöglich, die Herstellungskosten drastisch zu vermindern. Weil Zahnräder verwendet werden, macht es das Spiel der Zahnräder schwierig, eine hochgenaue Positionierung einer Linse zu erreichen und die Bewegung der Linse mit hoher Genauigkeit zu steuern.

Ferner ist aus der EP-A-0 292 989 eine Antriebsvorrichtung bekannt, die ein Bewegungselement aufweist, das mit einem piezoelektrischen Element mit einem Trägheitselement verbunden ist. Diese Antriebsvorrichtung nutzt einen Stoß des Trägheitselements auf das bewegbare Element, wobei ersteres von dem an dem bewegbaren Element gehaltenen piezoelektrischen Element beschleunigt und abgebremst wird. In anderen Worten, diese Vorrichtung verwendet den Stoß einer verzögerten Masse (Trägheitselement) und hängt, insbesondere hinsichtlich der Genauigkeit, von der Schwerkraft ab.

Ferner beschreibt das Dokument US-A-3 808 488 eine Antriebsvorrichtung, die mit einem bewegbaren Element versehen ist, das zwischen zwei piezoelektrischen Elementen angeordnet ist. Ein drittes piezoelektrisches Element ist an dem zu bewegenden Element angebracht, um letzteres in Vibration zu versetzen. Die Vibration vermindert die Reibung zwischen dem zu bewegenden Element und einem festen Abschnitt der Vorrichtung. Dann wird das zu bewegend Element durch Aktivieren der piezoelektrischen Elemente bewegt, zwischen denen es angeordnet ist. Wenn die Vibration unterbrochen wird, wird das zu bewegend Element durch Reibungskräfte in seiner Stellung verriegelt. Bei dieser Vorrichtung ist der Bewegungsweg des zu bewegenden Elements durch die Ausdehnungs/Zusammenziehfähigkeit der zwei piezoelektrischen Elemente begrenzt.

Weiterhin ist aus der US-A-4 195 243 eine Antriebsvorrichtung zum Bewegen eines Wafer bekannt, die einen Wandler aufweist, der mit einem Antriebselement verbunden ist, auf dem der Wafer gehalten ist. Der Wafer ist infolge des Gewichts des Wafers mit dem Antriebselement im Reibeingriff. Die Geschwindigkeiten der Ausdehnung/Kontraktion des Wandlers sind voneinander verschieden festgelegt, so daß, infolge der Trägheit des Wafers, eine schnelle Bewegung des Antriebselements nicht auf den Wafer übertragen wird, während eine langsame Bewegung des Antriebselements zu einer gemeinsamen Bewegung des Wafers und des Antriebselements infolge der dazwischen wirkenden Reibkräfte führt.

Diese herkömmliche Vorrichtung hat den Nachteil, daß das zu bewegende Objekt horizontal auf dem Antriebselement gestützt sein muß, um eine angemessene Reibkraft dazwischen zu erzielen. Folglich hängt ein akkurater Betrieb dieser Vorrichtung ebenfalls stark von seiner Ausrichtung im Schwerfeld ab.

Entsprechend ist es die Aufgabe der Erfindung, eine kompakte und effiziente Antriebsvorrichtung zum Bewegen eines Objekts mit hoher Genauigkeit unabhängig von der Schwerkraft zu schaffen. Die Aufgabe wird mit einer Antriebsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 15 beschrieben.

Die Aufgabe und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden genauen Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung deutlich.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Steuersystems für die erfindungsgemäße Antriebsvorrichtung;

Fig. 2 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung, die schematisch ein Beispiel einer herkömmlichen Zoomlinsenantriebsvorrichtung zeigt;

Fig. 3 ist ein Flußdiagramm zur Erläuterung des Betriebs des Steuersystems aus Fig. 1;

Fig. 4(A), 4(B) und 4(C) sind Perspektivansichten, die verschiedene Beispiele einer Blattfeder schematisch zeigen;

Fig. 5 ist eine schematische Schnittdarstellung, die den Montagezustand der Blattfeder gemäß Fig. 4(B) zeigt;

Fig. 6 ist eine schematische Schnittansicht, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 7 ist eine schematische Schnittdarstellung, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 8 ist eine schematische Schnittansicht, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 9 ist eine schematische Schnittansicht, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 10 ist eine schematische Schnittansicht, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 11 und 12 sind Wellenformdiagramme;

Fig. 13 und 14 sind schematische Schnittansichten, die Modifikationen der entsprechenden Ausführungsbeispiele der Fig. 8 und 6 zeigen;

Fig. 15 ist eine schematische Schnittansicht, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 16 bis 19 sind schematische Schnittansichten, die jeweils weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zeigen; und

Fig. 20 und 21 sind Wellenformdiagramme, die verschiedene Wellenformen von aufgebrauchten Spannungen zeigen.

Genaue Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht, die ein Steuersystem für die erfindungsgemäße Antriebsvorrichtung bei Verwendung mit einer Linse zeigt. Das Steuersystem gemäß Fig. 1 hat einen Antriebsschaltkreis 18 zum Aufbringen einer Antriebsspannung auf ein piezoelektrisches Element 12, einen Linsentrommelpositionsdetektor 19, der aus einem Schleifkontakt 9 und einer festen Erfassungsplatte 10 besteht, einen Mikrocomputer 20 zum Empfangen eines Ausgangs aus dem Detektor 19 und zur Steuerung des Antriebsschaltkreises 18 und eine Schärfenentscheidungseinrichtung 30 zum Bestimmen, ob ein Scharfstellen erreicht wurde.

Fig. 3 ist ein Flußdiagramm, das den Betrieb des zuvor beschriebenen Steuersystems zeigt.

In einem Schritt S1 bestimmt die Schärfenentscheidungseinrichtung 30, ob ein Scharfstellen erzielt wurde. Wenn ein Scharfstellen noch nicht erreicht wurde, geht der Vorgang zum Schritt S2 weiter, in dem bestimmt wird, in welche Richtung und in welchem Umfang die Linse bewegt werden soll, um die Scharfstellung zu erreichen.

Wenn im Schritt S2 bestimmt wird, daß der Schärfezustand im "Nahfokus" ist, geht der Vorgang zum Schritt S3 weiter, während wenn bestimmt wird, daß er "Fernfokus" ist, der Vorgang zum Schritt S4 weitergeht.

Im Schritt S3 wird die Linse angetrieben, um sich in einer ersten Richtung zu bewegen, in der im Fall des Nahfokus eine Scharfstellung erreicht werden kann, und der Vorgang geht zum Schritt S5 weiter.

Im Schritt S4 wird die Linse zur Bewegung in einer zweiten Richtung angetrieben, in der eine Scharfstellung im Fall des Fernfokus erreicht werden kann und der Vorgang schreitet zum Schritt S6 fort. In den Schritten S5 oder S6 erfaßt der Mikrocomputer 20, ob die Linse sich um den im Schritt S2 erhaltenen Bewegungsweg bewegt hat, der erforderlich ist, um die Scharfstellungsposition zu erreichen. Die Linse wird bewegt, bis die Scharfstellung erreicht ist, und wenn die Scharfstellung erreicht ist, wird der Vorgang zu Ende gebracht.

Bei dem zuvor beschriebenen Antriebsverfahren, kann die Beziehung zwischen den Antriebspulsen und dem Bewegungsweg infolge von Vibrationen, Höhendifferenzen und dergleichen eine Nichtübereinstimmung zeigen. Aus diesem Grunde ist es sehr vorteilhaft, den Bewegungszustand durch den Linsentrommelpositionsdetektor 19 tatsächlich zu erfassen und den Antrieb durch Rückkopplung (ein geschlossener Kreis) des Erfassungsergebnisses auszuführen.

Ein Mikrocomputer bildet eine Systemsteuerung in einer Bildvorrichtung, wie einer Kamera, und gibt an Linsenantriebsschaltkreise in etwa sägezahnförmige Antriebspulse heraus. Die Linsenantriebsschaltkreise empfangen Antriebspulse von etwa 5 V von dem Mikrocomputer und geben Antriebspulse in der Größenordnung von einigen 10 V bis 100 V heraus, die erforderlich sind, die piezoelektrischen Elemente anzutreiben. Ein Potentiometer besteht praktisch aus einer Bürste und einer Widerstandskarte.

Alternativ kann eine Aussparung in dem Kopfwagen oder dem bewegbaren Element in der Nähe von dessen Vorderende ausgebildet sein, und ein lichtemittierendes Element, das eine als Lichtausgangsfläche dienende untere Fläche hat, ist in der Aussparung angeordnet. Ein Schlitz, der in einer Richtung senkrecht

zu den Führungsschienen verlängert ist, (d.h. in einer Richtung senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kopfwagens) ist im Boden der Aussparung ausgebildet, um sich dadurch zu erstrecken. Von dem lichtemittierenden Element emittiertes Licht passiert den Schlitz und wird als schmaler Lichtstrahl von dem Kopfwagen abwärts projiziert.

Ein Halbleiterpositionserfassungselement, das einen rechteckigen Querschnitt hat, der in einer Richtung parallel zur Bewegungsrichtung des Kopfwagens länglich ist, ist an einem festen Element unmittelbar unterhalb des Bewegungspfad des Kopfwagens befestigt. Das Halbleiterpositionserfassungselement ist elektrisch mit einem Antriebsschaltkreis verbunden.

Der Betrieb der Blattfeder 313 zum Hervorrufen einer Reibungskraft, die zwischen der Führungsschiene 303 und dem Kopfwagen 308 wirken soll, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 5 beschrieben.

Um eine solche Reibungskraft stabil zu erzeugen und eine Wirkung der Federkraft der Blattfeder 313 in der Verschieberichtung des Kopfwagens zu verhindern, ist der gekrümmte Vorsprung 313c mit U-förmigem Querschnitt in der Mitte der Blattfeder 313 ausgebildet, so daß die Federkraft der Blattfeder 313 in etwa senkrecht auf die Führungsschiene 303 aufgebracht werden kann. Wenn die Blattfeder 313 elastisch in der Richtung der Expansion oder Kontraktion des piezoelektrischen Elements durch dessen Expansion oder Kontraktion deformiert wird, verändert sich die Reibungskraft zwischen der Führungsschiene 313 und dem Kopfwagen und die Federkraft wirkt in der Richtung der Verschiebung des Kopfwagens, so daß die Verschiebung des Kopfwagens instabil wird. Um dieses Problem zu vermeiden, hat die Blattfeder 313 flache Abschnitte 313d und 313e, die sich parallel zu den Richtungen der Expansion und Kontraktion des piezoelektrischen Elements erstrecken, und ist mit einer hohen Steifigkeit in diesen Richtungen versehen. Andere Beispiele dieser Blattfeder sind in den Fig. 4(A), 4(B), 4(C) und 5 gezeigt.

Gemäß Fig. 4(A) hat eine Blattfeder 318 mit flacher Form Löcher 318a und 316b zum Befestigen der Blattfeder 318 an den Vorsprüngen 308a und 308b des Kopfwagens. Ein Reibelement 319 ist aus einem Material gefertigt, wie z.B. Metall oder Kunstharz, das eine hohe Steifigkeit mindestens in den Richtungen der Expansion und Kontraktion des piezoelektrischen Elements hat. Das Reibelement 319 ist an der Mitte der Blattfeder 318 befestigt. Das Beispiel der Fig. 4(A) hat eine höhere Steifigkeit in den Richtungen der Expansion und Kontraktion des piezoelektrischen Elements.

Fig. 4(B) zeigt eine Blattfeder, die das Einstellen der Reibkräfte erleichtert. Eine Blattfeder 320 hat ein Loch 320a und einen Schlitz 320b zum Befestigen der Blattfeder 320 an den Vorsprüngen 308a und 308b des Kopfwagens durch die entsprechenden Schrauben 314 und 315. Fig. 5 ist eine schematische Ansicht, die den montierten Zustand der Blattfeder 320 zeigt. Die Blattfeder 320 ist mittels der Schraube 314 an der Position des Lochs 320a fest mit dem Vorsprung 308a verbunden. Das Reibelement 319 wird durch die Blattfeder 320 gegen die Führungsschiene 303 gepreßt. Die Schraube 315 ist durch den Schlitz 320b in den Vorsprung 308b geschraubt und die Anzugskraft der Schraube 315 kann eingestellt werden, um den Biegezustand der Blattfeder 320 zu verändern, wodurch der Druck eines elastischen Elements gegen die Führungsschiene 303 eingestellt werden kann. Nachdem diese Einstellung ausgeführt wurde, wird die Schraube 315 mittels eines Klebstoffs festgelegt.

Fig. 4(C) zeigt eine Blattfeder 321 mit einem flachen Abschnitt, an dem das Reibelement 319 befestigt ist. Die Blattfeder 321 ist an dem Vorsprung 308a durch die durch ein Loch 321a geführte Schraube 314 befestigt.

Fig. 6 ist eine schematische Schnittansicht, die ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt, und Fig. 11 und 12 sind Diagramme, die verschiedenen Wellenformen von auf ein piezoelektrisches Element aufgebrachten Spannungen zeigen.

In Fig. 6 bezeichnet Bezugszeichen 401 einen festen Abschnitt, der beispielsweise aus einem Rahmen besteht, Bezugszeichen 404 bezeichnet eine Vibrationswelle, die in Längsrichtung bewegbar gehalten ist und durch den festen Abschnitt 401 geführt ist, und Bezugszeichen 402 bezeichnet ein bewegbares Objekt mit einer Masse. Das bewegbare Objekt 402 ist von der Vibrationswelle 404 und den festen Abschnitt 401 gehalten und geführt, wobei die Bewegungsrichtung des bewegbaren Objekts 402 durch sie begrenzt ist.

Ein piezoelektrisches Element 403 ist von dem festen Abschnitt 401 derart gehalten, daß die Richtungen der Expansion und Kontraktion (Laminationsrichtung) des piezoelektrischen Elements 403 mit den durch die Pfeile A und B in Fig. 6 bezeichneten Richtungen übereinstimmen. Eine Endfläche des piezoelektrischen Elements 403 bezüglich den Richtungen der Expansion und Kontraktion des piezoelektrischen Elements 403 liegt an einem Ende der Vibrationswelle 404 an und das piezoelektrische Element 403 und die Vibrationswelle 404 sind mittels eines Klebstoffs zusammengeklebt.

Eine erste Blattfeder 405 ist an dem bewegbaren Objekt 402 befestigt, um den festen Abschnitt 401 mit einer konstanten Kraft zu belasten, um dadurch eine Reibkraft zwischen dem festen Abschnitt 401 und dem bewegbaren Objekt 402 zu erzeugen. Eine zweite Blattfeder 408 ist an dem bewegbaren Objekt 402 befestigt, um die Vibrationswelle 404 mit einer konstanten Kraft zu belasten, um dadurch eine Reibkraft zwischen dem bewegbaren Objekt 402 und der Vibrationswelle 404 zu erzeugen. Um das bewegbare Objekt 402 daran zu hindern, sich durch sein eigenes Gewicht abwärts zu bewegen, ist die Summe der Reibkräfte, die durch die Blattfedern 405 und 408 erzeugt wird, bestimmt, um größer zu sein als die auf das bewegbare Objekt 402 wirkende Schwerkraft. Ebenso ist die durch die zweite Blattfeder 408 erzeugte Reibkraft festgelegt, um größer zu sein als die von der ersten Blattfeder 405 erzeugte. Wenn die erste Blattfeder 405 weggelassen wird, kann das bewegbare Objekt 402 bewegt werden, und wenn die Reibkraft, die durch die zweite Blattfeder 408 er-

zeugt wird, größer gemacht wird, als die auf das bewegbare Objekt 402 wirkende Gravitationskraft, ist es ebenfalls möglich das bewegbare Objekt 402 daran zu hindern, sich durch sein eigenes Gewicht nach unten zu bewegen. Bei diesem Aufbau wird die Reibkraft durch die zweite Blattfeder 408 hinsichtlich der Masse des bewegbaren Objekts 402 sehr groß und vermindert die Bewegungsgeschwindigkeit des bewegbaren Objekts 402. Demgemäß werden in diesem Ausführungsbeispiel beide Blattfedern 405 und 408 verwendet, um Reibkraft auf das bewegbare Objekt 402 aufzubringen.

In Fig. 11 und 12 bezeichnen die Bezugszeichen 410 und 411 verschiedene Spannungswellenformen, die zum Antrieben eines piezoelektrischen Elements aufgebracht werden. Die Spannungswellenform 410, die in Fig. 11 gezeigt ist, hat einen schnellen Spannungsanstieg 410a und einen vergleichsweise langsamen Spannungsabfall 410b und die Spannungswellenform 411 aus Fig. 12 hat einen relativ langsamen Spannungsanstieg 411a und einen schnellen Spannungsabfall 411b.

Gemäß Fig. 6 dient ein Spannungswellenformeinsteuerschaltkreis 412 als ein Spannungssteuerschaltkreis und ist mit einer Spannungsquelle 413 und dem piezoelektrischen Element 403 jeweils durch elektrische Drähte verbunden.

Der Betrieb des Bewegungsmechanismus mit dem zuvor beschriebenen Aufbau wird nachfolgend beschrieben.

Wenn beispielsweise die in Fig. 11 gezeigte Spannungswellenform auf das piezoelektrische Element 403 aufgebracht wird, dehnt sich das piezoelektrische Element 403 in der Richtung des Pfeils A beim schnellen Spannungsanstieg 410 aus und die Vibrationswelle 404 wird ebenfalls in der Richtung des Pfeils A um einen der Ausdehnung des piezoelektrischen Elements 403 entsprechend Betrag bewegt. Während dieser Zeit bewegt sich das bewegbare Objekt 402 kaum, weil es der Bewegung der Vibrationswelle 404 durch die Trägheit des bewegbaren Objekts 402 infolge seines Eigengewichts und durch die von der ersten Blattfeder

405 erzeugte Reibkraft kaum folgen kann. Dann, bei dem relativ langsamen Spannungsabfall 410, zieht sich das piezoelektrische Element langsam in Übereinstimmung mit dem Spannungsabfall zusammen. Während dieser Zeit bewegt sich die Vibrationswelle 404 langsam in Richtung des Pfeils B und das bewegbare Objekt 402 bewegt sich ebenfalls in Richtung des Pfeils B, weil die von der zweiten Blattfeder 408 erzeugte Reibkraft größer ist, als die von der ersten Blattfeder 405 erzeugte. Die zuvor beschriebene Betriebssequenz wird wiederholt und das bewegbare Objekt 402 bewegt sich in der Richtung des Pfeils B.

Wenn die in Fig. 12 gezeigte Spannungswellenform auf das piezoelektrische Element 403 aufgebracht wird, dehnt sich das piezoelektrische Element 403 langsam bei dem relativ langsamen Spannungsanstieg 411a in der Richtung des Pfeils A in Fig. 6 in Übereinstimmung mit dem Spannungsanstieg aus und die Vibrationswelle 404 bewegt sich ebenfalls in Richtung des Pfeils A. Während dieser Zeit bewegt sich das bewegbare Objekt 402 zusammen mit der Vibrationswelle 404 in Richtung des Pfeils A infolge der durch die zweite Blattfeder 408 erzeugten Reibkraft. Dann zieht sich das piezoelektrische Element 403 beim schnellen Spannungsabfall 411b schnell zusammen und die Vibrationswelle 404 bewegt sich schnell in Richtung des Pfeils B, um einen Weg, der der Kontraktion des piezoelektrischen Elements 403 entspricht. Während dieser Zeit bewegt sich das bewegbare Objekt 402 kaum, weil es der Bewegung der Vibrationswelle 404 durch die Trägheit des bewegbaren Objekts 402 infolge seines Eigengewichts und durch die von der ersten Blattfeder 405 erzeugte Reibungskraft nicht folgt. Mit anderen Worten, das bewegbare Objekt bewegt sich in Richtung des Pfeils A durch Aufbringen der in Fig. 12 gezeigten Spannungswellenform.

In dem vorher genannten Ausführungsbeispiel sind das piezoelektrische Element 403 und die Vibrationswelle 404 durch den Klebstoff aneinander befestigt, so daß die Bewegung der Vibrationswelle 404 der Expansion und Kontraktion des piezoelektrischen Elements 403 folgt. Wie in Fig. 7 gezeigt ist, ist eine Schraubenfeder 406 auf einer Seite gegenüber dem piezoelektrischen

Element 403 vorgesehen und die Vibrationswelle 404 und das piezoelektrische Element werden miteinander in Kontakt gehalten. Die Vibrationswelle 404 ist zu jeder Zeit durch die Federkraft der Schraubenfeder 406 in Kontakt mit dem piezoelektrischen Element 403 gedrückt, so daß die Vibrationswelle 404 daran gehindert ist, sich durch die Expansion oder Kontraktion des piezoelektrischen Elements 403 von dem piezoelektrischen Element 403 wegzubewegen.

Die Rotation des bewegbaren Objekts 402 um die Vibrationswelle 404 ist durch den festen Abschnitt 401 begrenzt. Ein gleicher Effekt kann jedoch erhalten werden, indem das bewegbare Objekt 402 an einer Führungswelle 407 angebracht wird, wie in Fig. 8 gezeigt ist.

Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das aus einer Kombination der Ausführungsbeispiele gemäß Fig. 7 und 8 besteht.

Das bewegbare Objekt 402 ist durch die Vibrationswelle 404 gehalten, die durch das bewegbare Objekt 402 hindurchgeführt ist. Um einen gleichen Effekt zu erreichen, kann das bewegbare Objekt 402 ebenso durch die Führungswelle 407 und den festen Abschnitt 401 gehalten und geführt werden, wie in Fig. 10 gezeigt ist.

Die erste Blattfeder 405 kann an dem festen Abschnitt 401 vorgesehen sein, wie in Fig. 13 gezeigt ist, und die zweite Blattfeder 408 kann an der Vibrationswelle 404 vorgesehen sein, wie in Fig. 14 gezeigt ist. Auch bei dieser Anordnung kann ein gleicher Effekt erhalten werden.

Obwohl eine Blattfeder als Reibeinrichtung zur Erzeugung von Reibkräften für das bewegbare Objekt verwendet wird, kann ebenso ein elastisches Element, wie eine Schraubenfeder oder ein Gummi verwendet werden.

Wie aus der vorhergehenden Beschreibung hervorgeht, in Übereinstimmung mit jedem Ausführungsbeispiel, kann ein elektromecha-

nisches Energiewandlerelement, z.B. ein piezoelektrisches Element, verwendet werden, um einen Bewegungsmechanismus zu schaffen, der einen extrem einfachen Aufbau hat, und wodurch es möglich ist, einen miniaturisierten Bewegungsmechanismus zur Verfügung zu stellen. Zudem ist es möglich, durch Anwendung einer Spannung, einen großen Bewegungsweg bezüglich eines extrem kleinen Verschiebungswegs des piezoelektrischen Elements zu erhalten.

Ferner ist es, weil der Bewegungsweg, des piezoelektrischen Elements beim Aufbringen einer Spannung extrem klein ist, möglich, das bewegbare Objekt mit einer extrem hohen Genauigkeit zu positionieren.

Weil die Summe der Reibkräfte, die durch die Blattfedern 405 und 408 erzeugt werden, größer sind als die auf das bewegbare Objekt aufgebrachte Gravitationskraft, bewegt sich das bewegbare Objekt nicht durch sein Eigengewicht, sogar wenn dessen Bewegungsrichtung irgendeine Richtung haben soll.

Wie aus der vorhergehenden Beschreibung hervorgeht, ist es mit dem Bewegungsmechanismus gemäß jedem Ausführungsbeispiel möglich, einen gewünschten Verschiebeweg zu realisieren und die Vorrichtung effizient zu miniaturisieren.

Fig. 15 ist eine schematische Ansicht, die einen Bewegungsmechanismus gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

In Fig. 15 bezeichnet Bezugszeichen 601 einen festen Abschnitt, Bezugszeichen 602 bezeichnet ein bewegbares Objekt und Bezugszeichen 603a und 603b bezeichnen piezoelektrische Elemente. Die piezoelektrischen Elemente 603a und 603b sind derart an dem festen Abschnitt 601 gehalten, daß die Richtungen ihrer Expansion und Kontraktion (ihre Laminationsrichtungen) mit den Richtungen übereinstimmen, die durch die Pfeile A und B in Fig. 15 angedeutet sind. Beide Enden einer Vibrationswelle 604 werden in Kontakt mit dem entsprechenden piezoelektrischen Element 603a

und 603b gehalten, oder sie liegen den entsprechenden piezoelektrischen Elementen 603a und 603b gegenüber, wobei dazwischen ein kleiner Spalt ist. Diese Spalte sind so gewählt, daß sie kleiner sind als der Betrag der Expansion der entsprechenden piezoelektrischen Elemente 603a und 603b beim Aufbringen einer Spannung. Die Vibrationswelle 604 ist durch den festen Abschnitt 601 zur Bewegung in der Richtung jedes der Pfeile A und B von Fig. 15 gehalten.

Eine erste Blattfeder 605 ist an dem bewegbaren Objekt 602 befestigt und belastet die Vibrationswelle 604 mit einer konstanten Federkraft, um eine Reibkraft zwischen dem bewegbaren Objekt 602 und der Vibrationswelle 604 zu erzeugen.

Eine zweite Blattfeder 606 ist an dem bewegbaren Objekt 602 befestigt und belastet den festen Abschnitt 601 mit einer konstanten Federkraft, um eine Reibkraft zwischen dem bewegbaren Objekt 602 und dem festen Abschnitt 601 zu erzeugen. Um das bewegbare Objekt 602 an einer Abwärtsbewegung durch sein Eigengewicht zu hindern, ist die resultierende der Reibkräfte, die durch die erste und zweite Blattfeder 605 und 606 erzeugt werden, bestimmt, um größer zu sein, als die auf das bewegbare Objekt 602 wirkende Schwerkraft.

Wenn die zweite Blattfeder 606 weggelassen wird, kann das bewegbare Objekt 602 bewegt werden, und wenn die Reibkraft, die durch die erste Blattfeder 605 erzeugt wird, größer gemacht wird, als die auf das bewegbare Objekt 602 aufgebrachte Schwerkraft ist es ebenfalls möglich, das bewegbare Objekt 602 an einer Abwärtsbewegung infolge seines Eigengewichts zu hindern. Bei diesem Aufbau wird die Reibkraft durch die erste Blattfeder 605 jedoch extrem groß bezüglich der Masse des bewegbaren Objekts 602, somit wird die Bewegungsgeschwindigkeit des bewegbaren Objekts 602 vermindert. Entsprechend werden in diesem Ausführungsbeispiel die erste und die zweite Blattfeder 605 und 606 verwendet, um Reibkräfte auf das bewegbare Objekt 602 aufzubringen.

Ein Spannungswellenformeinsteuerschaltkreis 612 ist vorgesehen, um eine Spannung von einer Spannungsquelle 613 in eine Wellenform 610 oder 611 mit einem schnellen Spannungsanstieg 610a oder 611a, wie in Fig. 20 und 21 gezeigt ist, umzuwandeln und eine solche Wellenform auf die piezoelektrischen Elemente 603a und 603b aufzubringen. Es ist ferner ein Auswahlkreis vorgesehen, zum wahlweisen und abwechselnden Aufbringen der Wellenformen 610 und 611 auf die piezoelektrischen Elemente 603a und 603b.

Bei dem Bewegungsmechanismus mit dem zuvor beschriebenen Aufbau dehnt sich, wenn beispielsweise die Wellenform 610 gemäß Fig. 20 durch den Spannungswellenformeinsteuerschaltkreis 612 auf das piezoelektrische Element 603a aufgebracht wird, das piezoelektrische Element 603 schnell in Richtung des Pfeils A aus Fig. 15 aus, um sofort eine große Beschleunigung (Stoß) in Richtung des Pfeils A auf die Vibrationswelle 604 aufzubringen.

Zu dieser Zeit bewegt sich das bewegbare Objekt 602 kaum, weil es der Bewegung der Vibrationswelle 604 infolge der Trägheit des bewegbaren Objekts 602 durch sein Eigengewicht nicht folgt. Dann, wenn die Spannung, die auf das piezoelektrische Element 603a aufgebracht wird, abfällt, zieht sich das piezoelektrische Element 603 zusammen und die Vibrationswelle 604 kehrt in seine ursprüngliche Position durch eine Reaktion auf den durch das piezoelektrische Element 603 aufgebrachten Stoß zurück. Während dieser Zeit bewegt sich das bewegbare Objekt 602 zusammen mit der Vibrationswelle 604, weil eine Reibkraft, die durch die erste Blattfeder 605 zwischen der Vibrationswelle 604 und dem bewegbaren Objekt erzeugt wird, größer ist, als eine Reibkraft, die von der zweiten Blattfeder 606 erzeugt wird. In anderen Worten, das bewegbare Objekt 602 bewegt sich in Richtung des Pfeils B um einen kleinen Betrag. Nachfolgend bewegt sich das bewegbare Objekt 602 allmählich in Richtung des Pfeils B, in dem der zuvor beschriebene Betrieb wiederholt wird (Zyklus T).

Wenn die Spannung mit der zuvor beschriebenen Wellenform auf das piezoelektrische Element 603b aufgebracht wird, bewegt sich

das bewegbare Objekt 602 in der durch den Pfeil A angedeuteten entgegengesetzten Richtung.

In dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Stoß, der auf die Vibrationswelle durch ein piezoelektrisches Element aufgebracht wurde, auf das andere piezoelektrische Element übertragen. Um dieses Problem zu vermeiden, können, wie in Fig. 16 gezeigt ist, gestufte Abschnitte an gegenüberliegenden Endabschnitten der Vibrationswelle 604 vorgesehen werden und mit dem festen Abschnitt 601 in Eingriff gebracht sein, um ein Aufbringen des Stoßes der Vibrationswelle 604 auf das andere piezoelektrische Element zu verhindern.

Obwohl die zweite Blattfeder 606 an den bewegbaren Objekt 602 vorgesehen ist, kann sie, wie in Fig. 17 gezeigt ist, am festen Abschnitt 601 oder an beiden, dem bewegbaren Objekt 602 und dem festen Abschnitt 601 vorgesehen sein.

Obwohl an dem in Fig. 15 gezeigten Ausführungsbeispiel die erste Blattfeder 605 an dem bewegbaren Objekt 602 vorgesehen ist, kann sie ebenso, wie in Fig. 18 gezeigt ist, an der Vibrationswelle 604 oder sowohl an dem bewegbaren Objekt 602 und der Vibrationswelle 604 vorgesehen sein.

Alternativ kann, wie in Fig. 19 gezeigt ist, das bewegbare Objekt 602 lediglich an einer Führungswelle 607 befestigt sein und eine Reibkraft kann zwischen dem bewegbaren Objekt 602 und der Vibrationswelle 604 durch eine erste Blattfeder 605 erzeugt werden, die an der Vibrationswelle 604 vorgesehen ist.

Obwohl in allen Ausführungsbeispielen eine Blattfeder als Reibeinrichtung verwendet wurde, kann auch ein elastisches Element, wie eine Schraubenfeder, ein Gummi oder ein Magnet eingesetzt werden.

Wie aus der vorhergehenden Beschreibung hervorgeht, kann in Übereinstimmung mit allen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ein piezoelektrisches Element verwendet werden,

um einen Bewegungsmechanismus zu schaffen, der einen extrem einfachen Aufbau hat. Somit ist es möglich, einen miniaturisierten Antriebsmechanismus zu schaffen, und es ist ebenfalls möglich, durch Anwendung einer Spannung, einen großen Bewegungsbetrag bezüglich eines extrem kleinen Verschiebungsbetrags des piezoelektrischen Elements zu verwirklichen.

Ferner ist es, weil der Betrag der Verschiebung des piezoelektrischen Elements beim Aufbringen einer Spannung extrem klein ist, möglich, daß bewegbare Objekt mit extrem hoher Genauigkeit zu positionieren.

Ferner ist es, weil die resultierende der Reibungskräfte, die von ersten und zweiten Reibeinrichtungen, die aus Blattfedern oder dergleichen bestehen, so gewählt ist, daß sie größer ist als eine auf das bewegbare Objekt aufgebrachte Schwerkraft, möglich, das bewegbare Objekt an einer Abwärtsbewegung infolge seines Eigengewichts zu hindern, sogar wenn die Bewegungsrichtung des bewegbaren Objekts eine beliebige Richtung ist.

Deutschsprachige Übersetzung der Patentansprüche
des Europäischen Patents Nr. 0 464 764
der Europäischen Patentanmeldung Nr. 91 110 936.1

1. Antriebsvorrichtung, mit einem Antriebselement (404, 604), das mit mindestens einem piezoelektrischen Element (403, 603a, 603b) wirteverbunden ist, um in Übereinstimmung mit einer Expansion/Kontraktion dessen bewegbar zu sein,

einer Steuereinrichtung zum Steuern der Expansion/Kontraktion des piezoelektrischen Elements, so daß die Expansionsgeschwindigkeit von der Kontraktionsgeschwindigkeit verschieden ist, und

einem angetriebenen Element (402, 602), das über erste Reibeinrichtungen (408, 605) mit dem Antriebselement (404, 604) in Reibeingriff ist,

dadurch gekennzeichnet, daß

das angetriebene Element (402, 602) über eine zweite Reibeinrichtung (405, 606) einen festen Abschnitt (401, 601) reibend berührt, wobei die Summe der durch die erste (408, 605) und die zweite (405, 606) Reibeinrichtung erzeugten Reibung größer ist als eine Gewichtskraft des angetriebenen Elements (402, 602), und wobei die von der ersten Reibeinrichtung (408, 605) erzeugte Reibung größer ist als die durch die zweite Reibeinrichtung (405, 606) erzeugte Reibung.

2. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Reibeinrichtung (408, 605, 405, 606) eine Blattfeder aufweisen, die mit einem federnden Abschnitt davon ein dieser gegenüber angeordnetes Element reibend berührt.

3. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Antriebselement (604) an jedem Ende davon mit einem piezoelektrischen Element (603a, 603b) versehen ist, wobei die piezoelektrischen Elemente (603a, 603b) angeordnet sind, um das Antriebselement (604) in Antwort auf Expansions/Kontraktions-signale von der Steuereinrichtung zu verschieben.

4. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Ende des Antriebselements (404) mit einem piezoelektrischen Element (403) versehen ist, und wobei das gegenüberliegende Ende des Antriebselements (404) mit einer Federeinrichtung (406) versehen ist, die elastisch mit dem festen Abschnitt in Eingriff ist.

5. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, wobei das Antriebselement (404, 604) eine Antriebswelle aufweist, die eine in dem angetriebenen Element (402, 602) vorgesehene Öffnung passiert.

6. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Antriebswelle (404, 604) lose in der Öffnung untergebracht ist, und wobei eine erste Reibeinrichtung (408, 605), die an dem angetriebenen Element (402, 602) angeordnet ist, die Antriebswelle (404, 604) reibend berührt.

7. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Öffnung die Antriebswelle (404, 604) und die erste Reibeinrichtung (408, 605) aufnimmt.

8. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die erste Reibeinrichtung (408, 605) an der Antriebswelle (404, 604) angeordnet ist und die Innenwandung der Öffnung in dem angetriebenen Element (402, 602) reibend berührt.

9. Antriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Führungseinrichtung (407, 607) zum Führen des angetriebenen Elements (402, 602) längs eines vorbestimmten Bewegungspfad davon.

10. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Führungseinrichtung eine Führungswelle (407, 607) aufweist, die durch eine in dem angetriebenen Element (402, 602) vorgesehene Öffnung hindurch geht.

11. Antriebsvorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Antriebswelle (404, 604) ausgelegt ist, das angetriebene Element (402, 602) zu führen.

12. Antriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Reibeinrichtung (405, 606) an dem angetriebenen Element (402, 602) angeordnet ist und den festen Abschnitt reibend berührt.

13. Antriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Reibeinrichtung (405, 606) an dem festen Abschnitt angeordnet ist und das angetriebene Element (402, 602) reibend berührt.

14. Antriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das angetriebene Element (402, 602) angepaßt ist, ein optisches Element zu bewegen.

15. Antriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das angetriebene Element (402, 602) angepaßt ist, einen Kopf zum Lesen und/oder Schreiben von Informationen zu bewegen.

Europäisches Patent Nr. 0 464 764
Europäische Patentanmeldung Nr. 91 110 936.1

FIG. 1

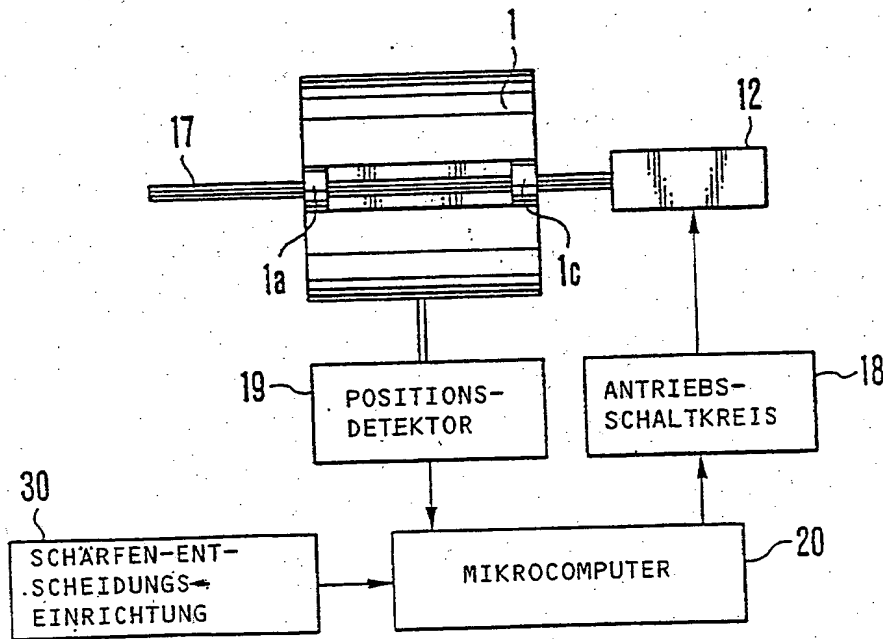


FIG. 2

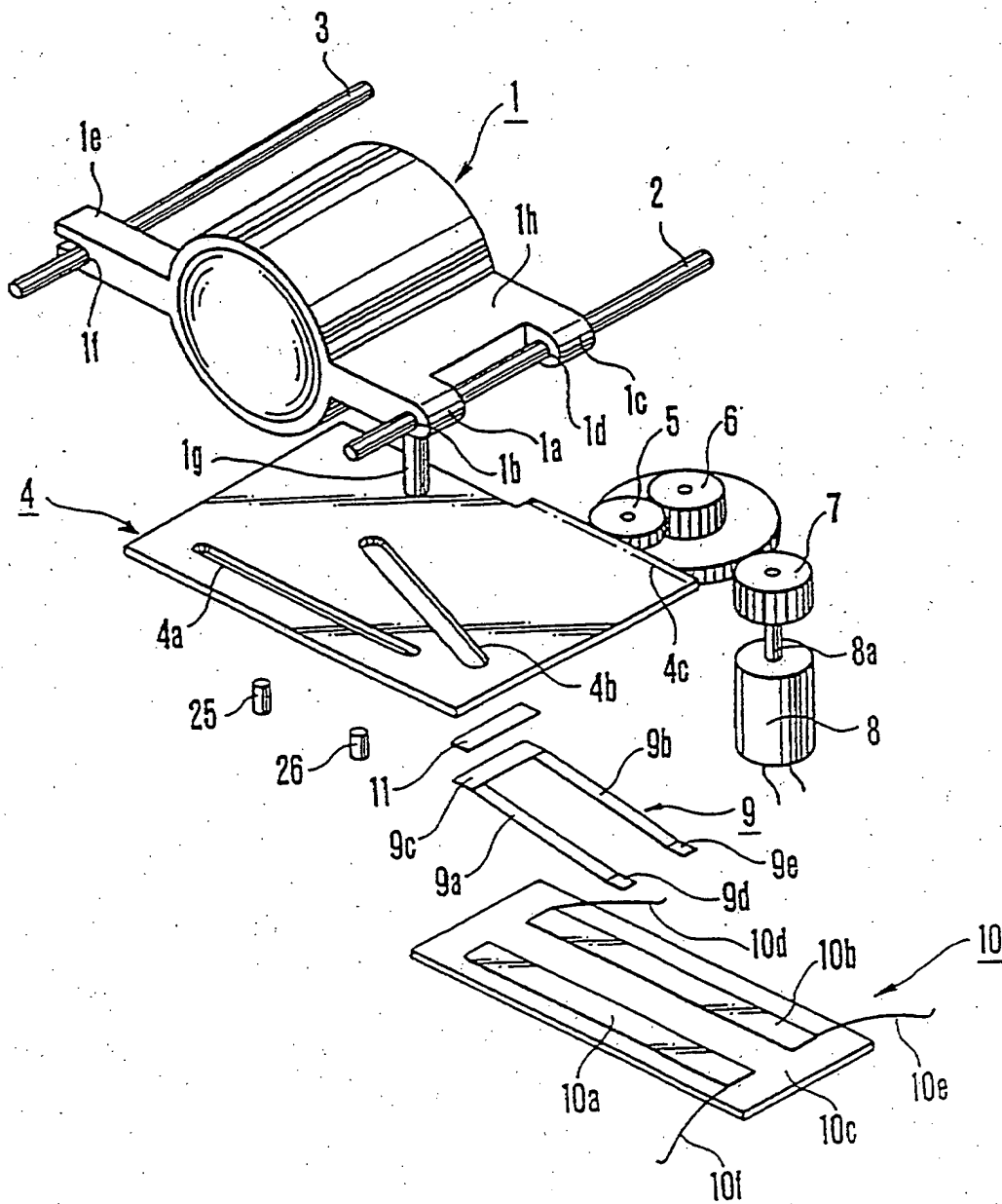


FIG. 3

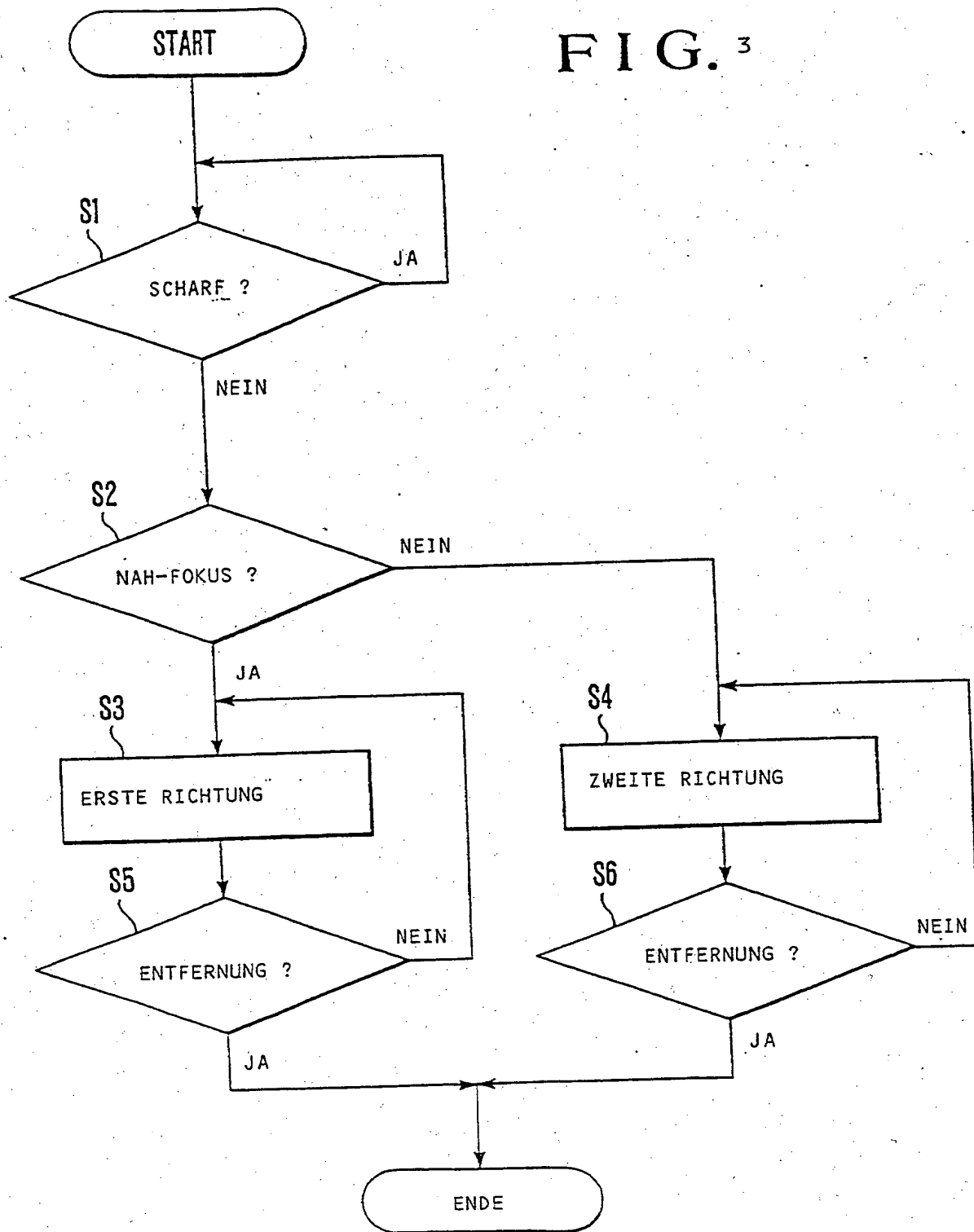


FIG. 4 (A)

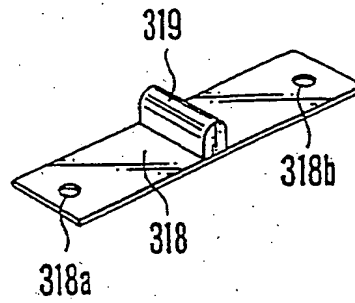


FIG. 4 (B)

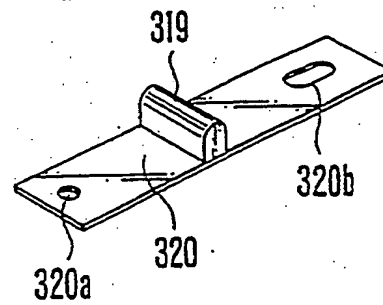


FIG. 4 (c)

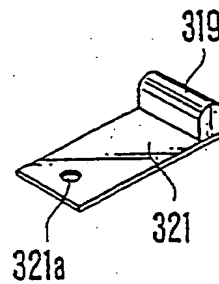


FIG. 5

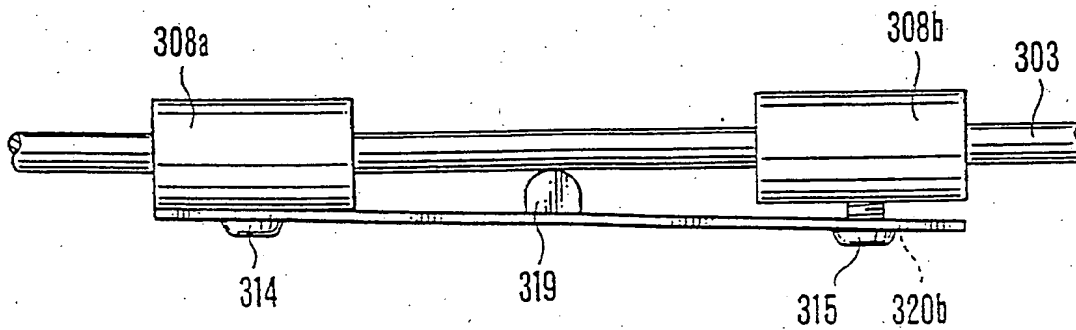


FIG. 6

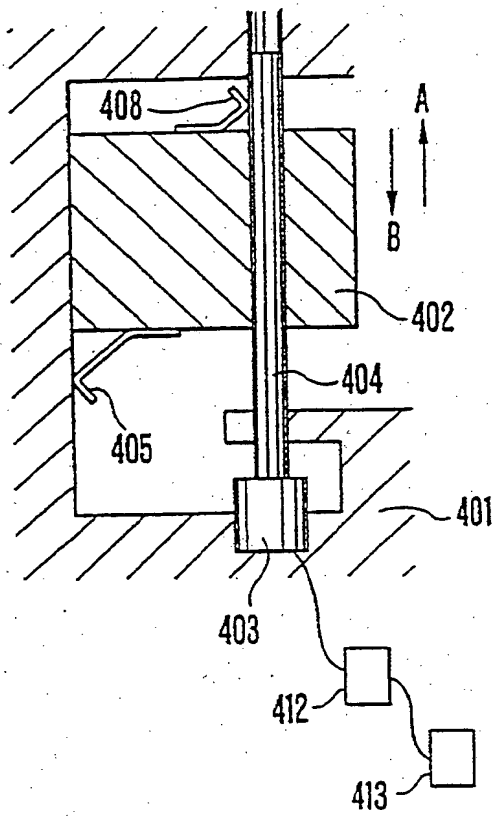


FIG. 7

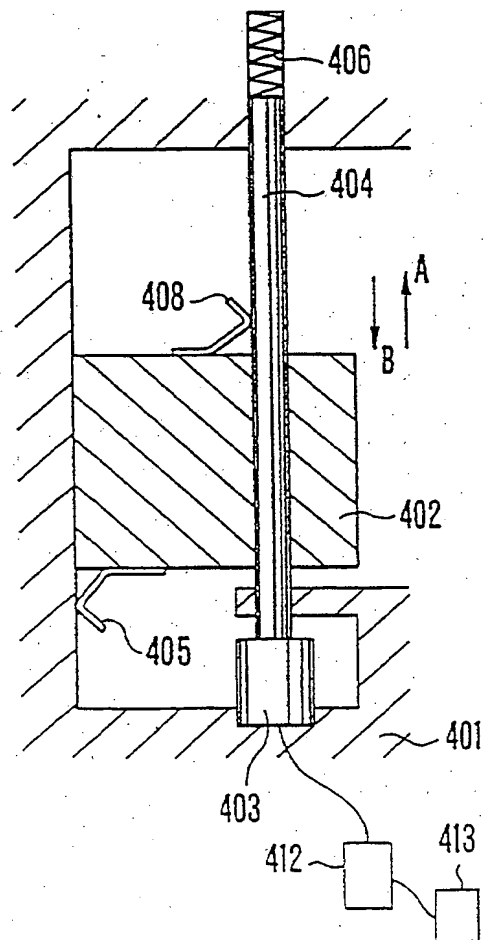


FIG. 8

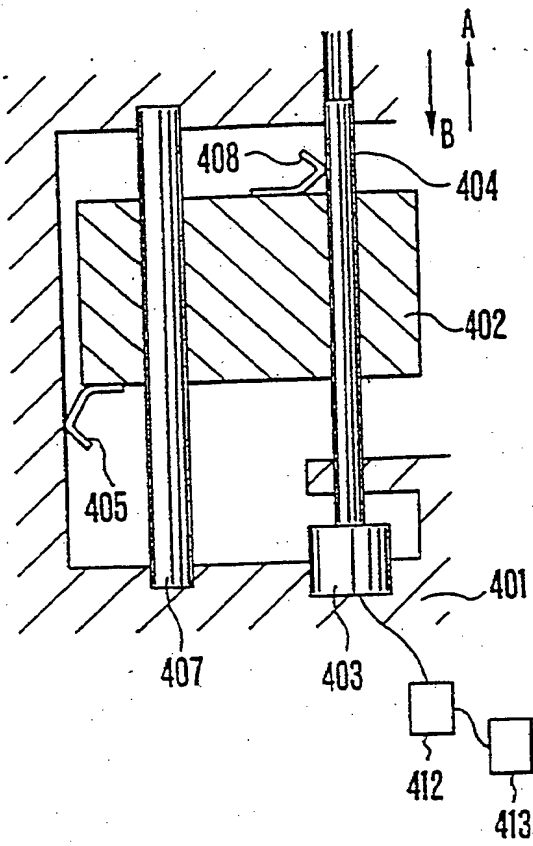


FIG. 9

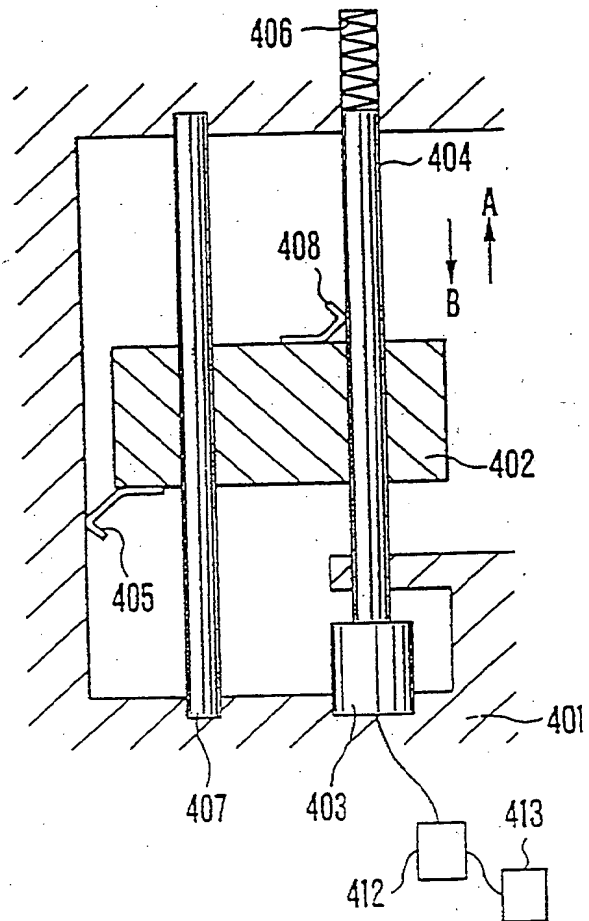


FIG. 10.

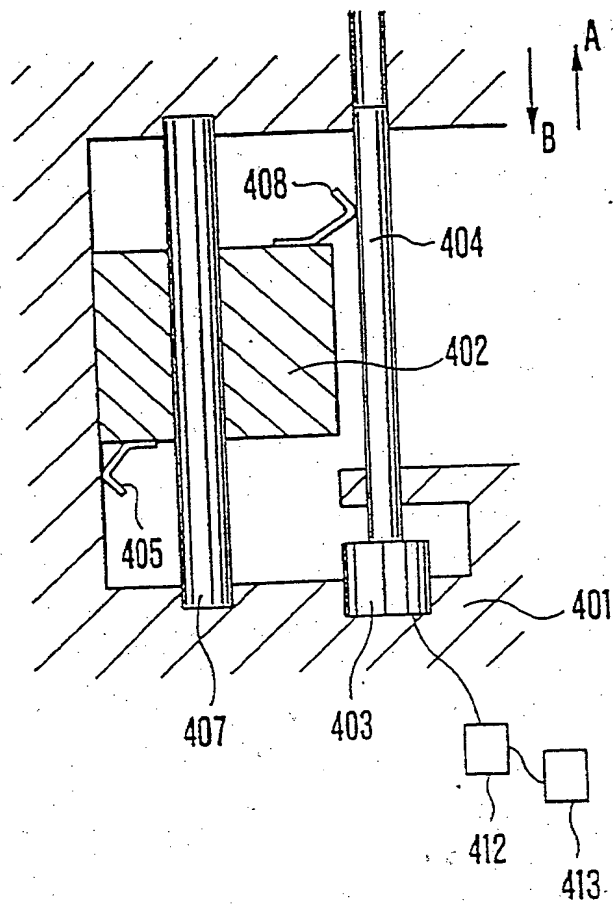


FIG. 11

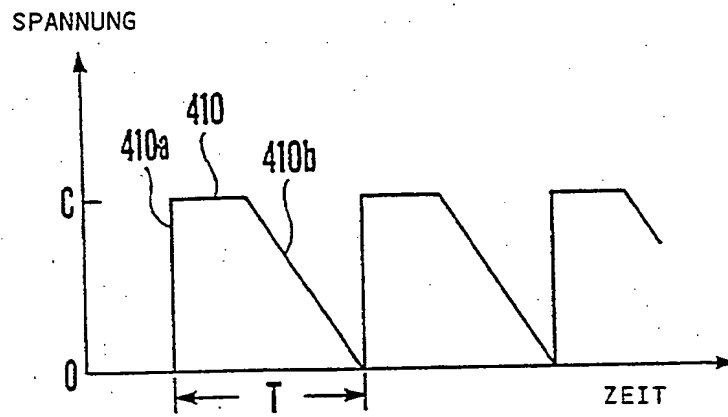


FIG. 12

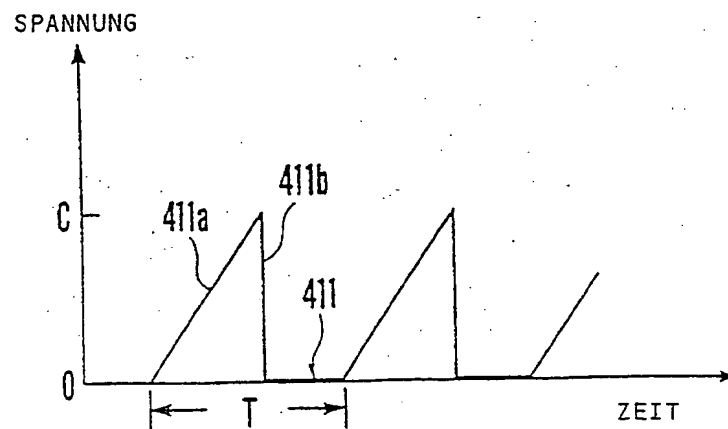


FIG. 13

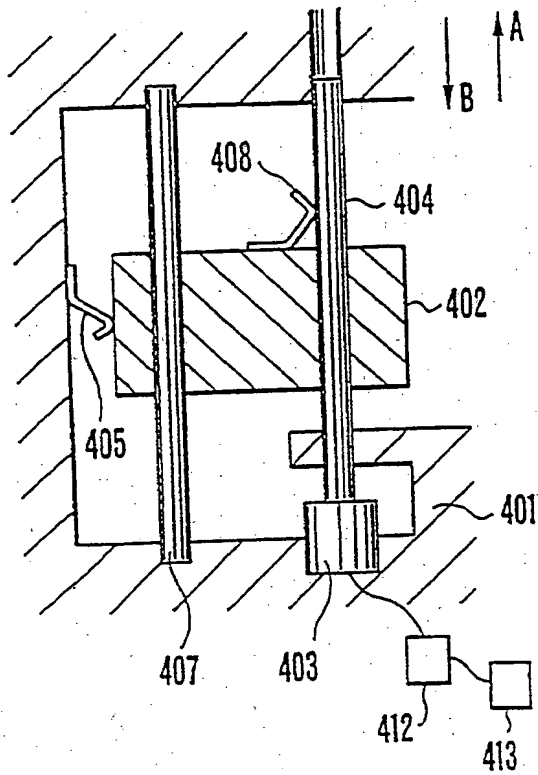


FIG. 14

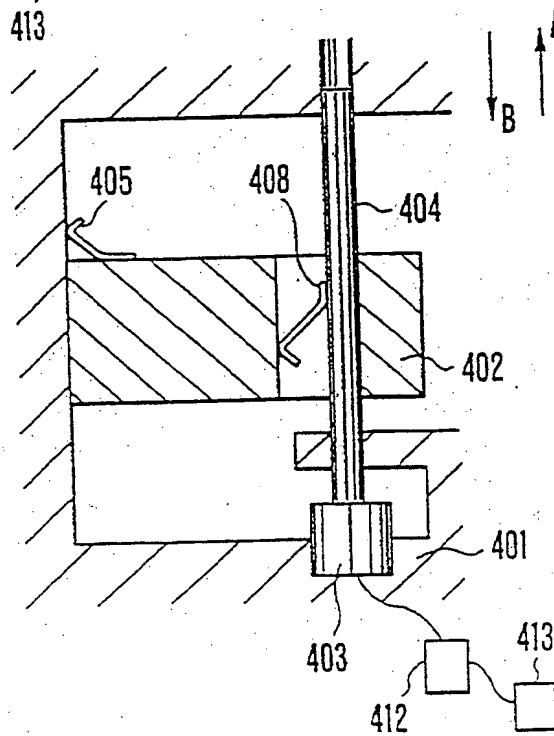


FIG. 15

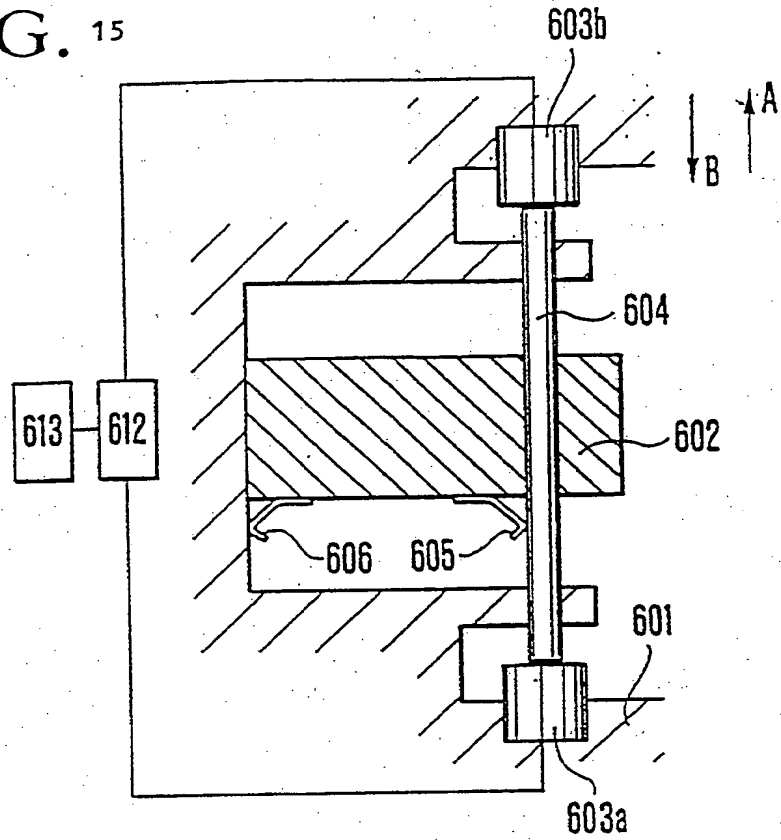


FIG. 16

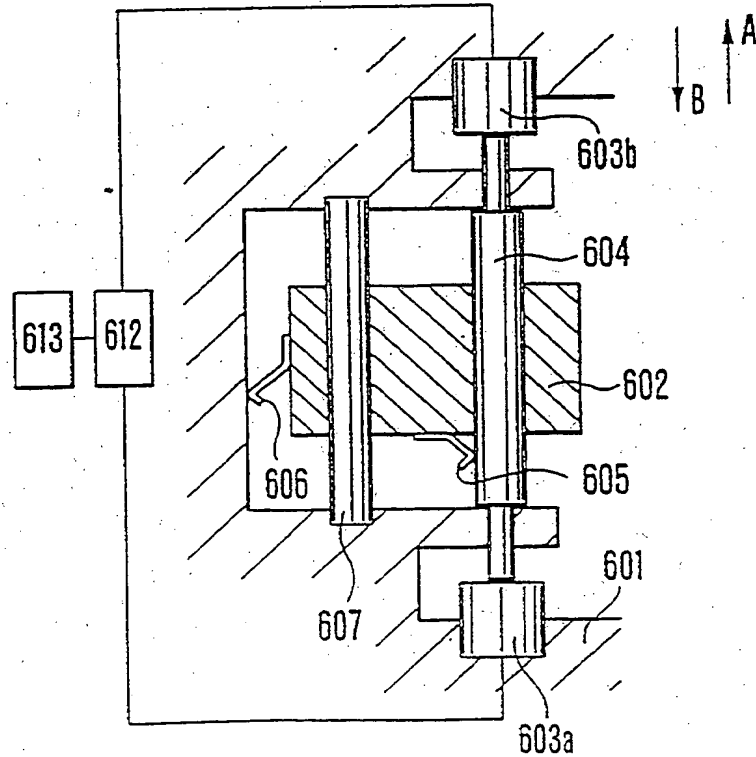


FIG. 17

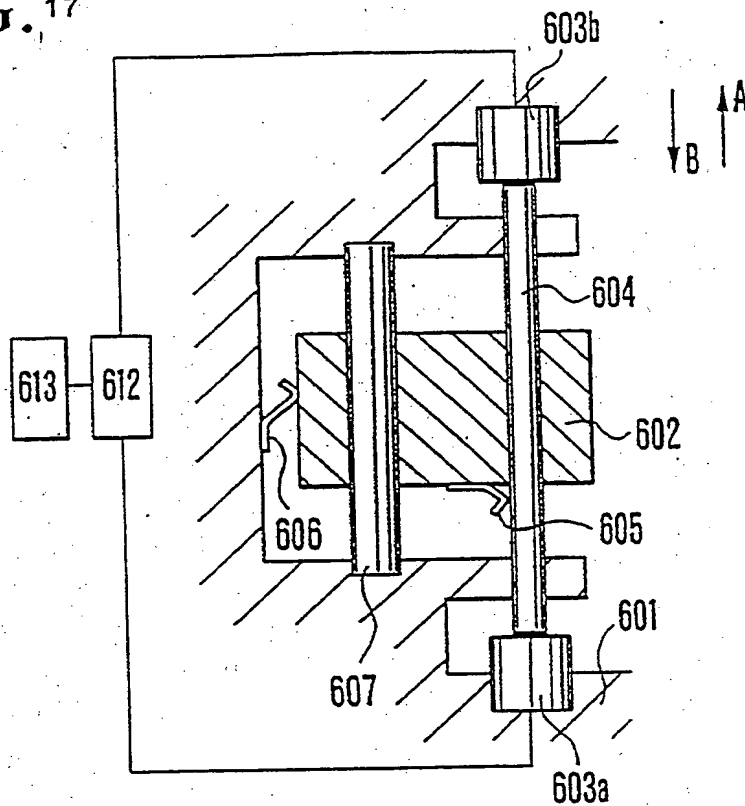


FIG. 18

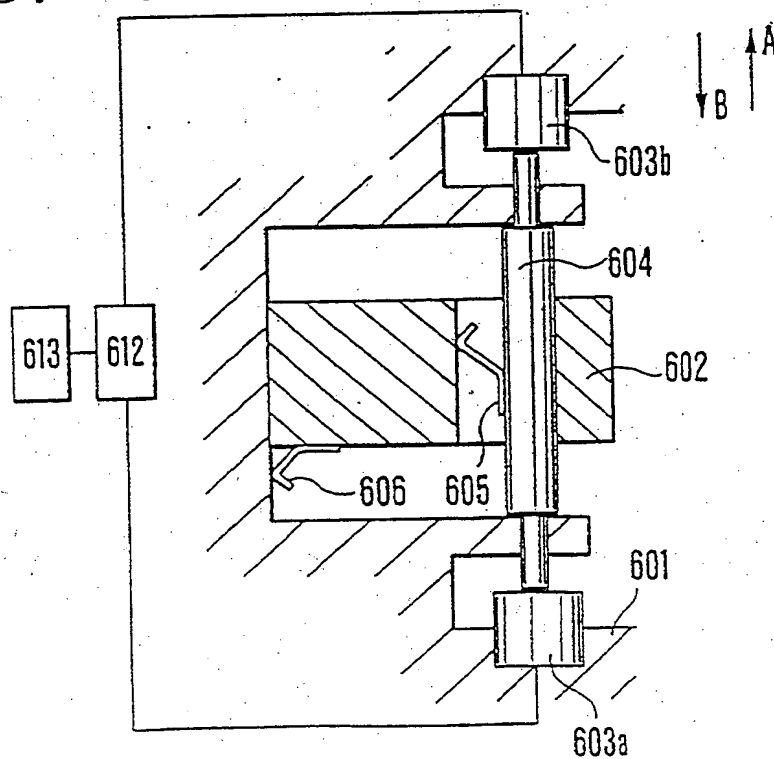


FIG. 19

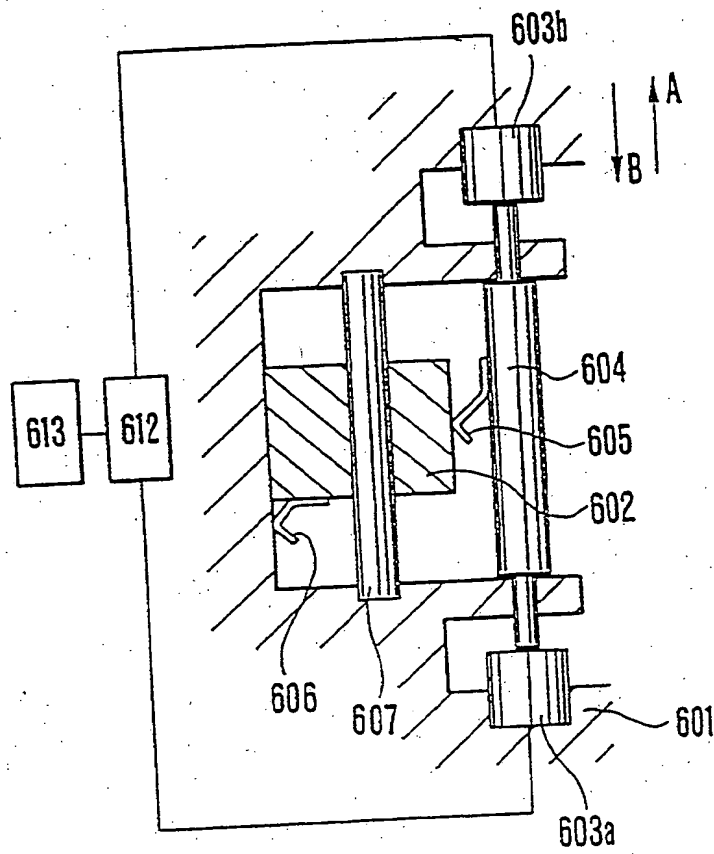


FIG. 20

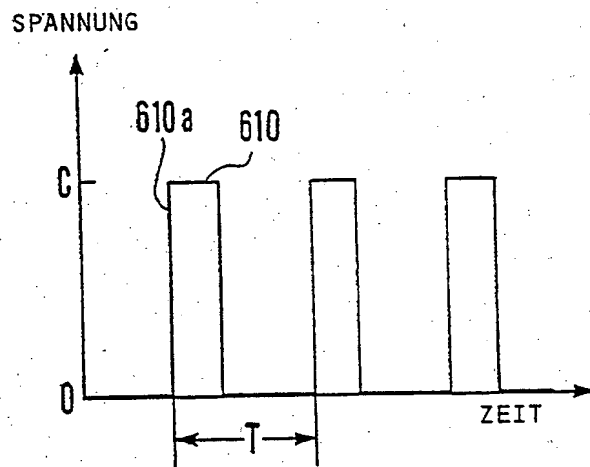


FIG. 21

